

目次

巻頭言	1	LCA教育の現場	6
東北大学 環境科学研究科 教授 石田 秀輝		名古屋産業大学 環境情報ビジネス学部 教授 成田 暢彦	
特集 「LCAと教育」		欧州SETAC出張報告	10
大学におけるLCA教育の導入と環境マインドの育成	2	武蔵工業大学 環境情報学部 准教授 伊坪 徳宏	
信州大学 全学教育機構 環境マインド教育部門 准教授 小林 充		行事日程	15

巻頭言



欲の構造とものづくり

— 新しいテクノロジーのかたちを考える —

東北大学 環境科学研究科
教授 石田 秀輝

1.自然は倫理観を持った知能かもしれない

あらためて、自然の循環を考えてみたい。自然は38億年もの間持続し、そしてこれからも持続するはずである。われわれ人間生態系が、少なくともホモサピエンス・サピエンスとして20万年を過ごし、今まさに生存の危機に直面している時においてもである。これこそ知能である、「自然は倫理観を持った知能である」といっても過言ではない。われわれは、科学技術と称して、この地球に無いものを探し、作り続けてきた、その結果、フロンガスやプラスチックをはじめとする3千万種に及ぶ有機物を生み出し、それが環境問題をさらに悪化させるという負のスパイラルに陥っている。今、まさに自然をサイエンスの目で見直す必要がある。自然の持つ形、物理的・化学的意味合い、生体学的視点・・・それはまさに知の宝庫であると思う。

自然の循環から学べることは、これだけに留まらない、例えば昆虫が利他の心を持って進化しているわけではない。ダーウィンは、生存するために闘争することが進化の原動力だとした。言い換えれば、生存するため、自分の利益のために闘争した結果が完璧な循環を創っているのである。極めて重要な示唆である。アダムスミスは、人々の利己主

義が「神の見えざる手を通して」全体を最適化するとした。自然の循環はまさに、生物たちの利己主義（欲）が、完璧な循環を創り持続しているのである。

では何故、自然生態系は持続可能であることに対して人間生態系は破滅に向かうのだろうか、それには人間にとっての欲の構造を考える必要がある。

2.二重制約の中にある地球環境問題

われわれは今、2つの制約の中で地球環境問題を考えなければならぬ。その一つは、インプット(エネルギー・資源)の肥大化による、アウトプット(廃棄「固・気・液」物)の拡大が地球の修復能力を超えたことにある。地球の修復力の低下と負荷の増大が同時に起こっているのである。生物多様性の劣化がこれを顕著に物語っているが、生物多様性の議論が自然保護を結論とし、人類生存に関わる重大な問題であるとの認識は一般化されていないようである。二つ目は、必要とされる非再生のインプットの絶対量が急速に減衰し、現在の産業構造を維持することが出来なくなる可能性が高いことである。化石エネルギーや貴重な金属類が急激に劣化しているのがこれに当たる。例えば石油、採掘可能な原油埋蔵量が2030年代に頭打ちになるというピークオイルの到来、一方、これに代わる再生可能な代替エネルギーは2030年までには開発できそうにも無い。また、レアメタルに代表される貴重金属をはじめ、有用金属の枯渇も急速に進んでいる。

この二重制約(Double restriction)を理解したパラダイムシフトを誘発できるかどうか新しい産業構造構築の鍵となる。

3.テクノロジーの変革

そもそも、このような環境劣化はどうして起こったのだろうか？少なくとも、テクノロジーの発達が急激な劣化を誘発してきたことは事実である。本来テクノロジーは人の心を豊かにすることを目的としていたはずである。ところが、残念なことに、近年のテクノロジーは、無限の地球資源を前提として、人の欲(物欲)を満足させるために発達してしまった。その結果、技術は複雑になり、生活者には理解できなくなり、生活者から離れてゆき、一方、子供たちの急激な理科離れが加速し始め、技術者も生活者から褒められることが希薄になり、ものづくりの楽しさ、技術に対する誇りを失う負のスパイラルに入り込んでしまった。今こそ、有限な地球資源・エネルギーを前提とした新しい技術観の下で新しいテクノロジーの形をつくらなければならないと思う。ではその技術観とはいったいどのような形なのだろうか？

4.新しいテクノロジー観を考える

テクノロジーの発達が急激な環境劣化を起こし、現代の文明危機を誘発していることは間違いの無いことである。何故、人間優位の技術がこれほどまでに発達してきたのか、そして、その発達の方向をどのように変えることができるのかを考えることは重要であろう。少なくとも、この近代文明を導出したものは近代西洋哲学であり、これにもっとも大きな影響を与えたのはデカルトである。デカルトの「機械論的自然観」こそが、近代科学技術の原理であり、結果として豊かで便利な社会の創出に繋がった。そして、この考えが世界全体を支配し、非西洋国家も西洋文明を採用せずには発展することは出来なかったのである。だが、人間中心のこの考えには、自然に対する制御は全く効かず、結果として二重の制約を生み出すことになるのである。

この人間中心、自然支配の考えは小麦農業と牧畜を生産の基礎としたユーラシア大陸の西方文明にその根を發して

物質欲から精神欲へ欲の質の変化を煽るには・・・

現在のテクノロジー	「ネイチャーテクノロジー」	「粋」
人工	● 自然 (超低環境負荷・高機能)	● 自然と和合し、生きることを楽しむ
個	● コミュニティー、コミュニケーションの連続性	● 敗者をつくらず、競争原理が成立しない
使い捨て	● 愛着	● 足るを知る(もったいない)
複雑	● 簡明	● 自然のメタファ



〈図 粋なテクノロジーは現在のテクノロジーと相対する〉

いる。これに対し、ユーラシア大陸東方文明は、稲作農業と養蚕を生産の基礎とし、稲作に必要な水の確保の為、水を蓄える森が必要であり、結果として、日本では、その共通の思想は「山川草木悉皆成仏」で表現される¹⁻³⁾。ここには、人間優位の思想はもちろん、動物優位の思想も無い、すべてが同じように生きている。

このように見て行くと、現在の環境問題へのアプローチは、テクノロジーにおける自然観の再認識であり、自然と人間との関わりをあらためて考えることであり、これを基盤としたテクノロジー観（ハイテクアニミズム）の創出にあるのではないかと思う。そしてそのような解を創出できるのは日本人だけではないかと思うのである。

今われわれはテクノロジーを否定するのではない、この環境制約を満足できる新しいテクノロジーの創出が望まれているのであり、それは、自然を支配することによる際限のない欲望の拡大の結果生まれた物欲から自然と和合し欲の拡大を内なるものに求める精神欲の創出をすすめるテクノロジーなのではなかろうか。

5.精神欲を煽るテクノロジー

精神欲を煽るテクノロジーの構成要素は「粋」にある。「山川草木悉皆成仏」の具体的な形の一つが「粋」の文化であり、それこそがあたらしいテクノロジーの重要な要素であるように思う。粋は、社会の文化の主流が勝者だけのものではなく、敗者にも配慮されており、その本質は「生きること」、「生きることを楽しむこと」で、その原点を自然を基盤とした「省資源、省エネルギー」に置く、そこには、精神的な自由がありながら、競争原理が成立しない。同時に、「足るを知る」（もったいない）という概念が成立し、これ等の延長としてメタファーという思考が一つの文化を成してきた。

では、この粋をテクノロジー的視点で見ると何が見えるのだろうか？粋は自然と人とのかかわりである、そのなかで「生きることを楽しむ」のである。それは、「自然を手本とした、発散形ではない超省資源・省エネルギーテクノロジー」に繋がる。「敗者をつくらない」ことは、何か人間との関連性を持つことが基本である。それは、「コミュニケーションあるいはコミュニティの連続するテクノロジ

ー」である。「足るを知る」ことは、「愛着を呼び起こすテクノロジー」となり、「メタファー」は、簡にして明なかたちへの変換であり「簡明な技術」に繋がる。この「自然」、「コミュニケーション」、「愛着」、「簡明」、これらの要素をもつテクノロジーが、これから求められる「粋」なテクノロジーの要素だと思う。そして、重要なことはもちろんのこと、生活者が、これらの関係にワクワク楽しみながら参加できるということである。現在のテクノロジーをこれと対比させるとどうだろうか。「自然」に対して「人工」、「コミュニケーション」に対して「個」、「愛着」に対して「使い捨て」、「簡明」に対して「複雑」なのである。現在のテクノロジーは自然には存在しないメカニズムを基盤とし、個人の快適性・利便性の向上を最大の課題とし、そして、ブラックボックスに入ったテクノロジーは修理もできず、愛着もわからない。こうしてみると現在のテクノロジーの進んできた方向と粋をベースとした精神欲をあおるテクノロジーは、まったく対称的であるようにも見える。

精神欲を煽るこの粋なテクノロジーを計れる物差しが出来れば、これこそが世界に最も望まれている国際標準ではなかろうか。日本発ISOの真髄は、このものさしだと信じている。

参考文献

- 1) 講座「文明と環境」梅原猛・伊東俊太郎・安田喜憲総編集
朝倉書店 1996年
- 2) 例えば、安田喜憲 一神教の闇 ちくま新書2006
- 3) 梅原猛 『森の思想が人類を救う』
梅原猛／小学館／1995

大学におけるLCA教育の導入と環境マインドの育成

信州大学 全学教育機構 環境マインド教育部門

准教授 小林 充

1.はじめに

環境問題の解決に向けて、環境、科学技術、経済性および社会性をいかに調和させていくかが問われる中で、大学における環境教育の必要性が増し、実務能力の高い環境人材養成が大切になってきている。そこで、信州大学では2001年の若里キャンパス（工学部）における環境マネジメントシステム（EMS：Environmental Management Systems）（ISO14001）認証取得をスタートとして、全てのキャンパスでEMSの構築に取り組んできた。2004年度には文部科学省の「特色ある大学教育支援プログラム（教育GP）」に採択され、ライフサイクルの視点からも環境に配慮した意識と生活者としての環境マインドをもった人材の養成を全学として目指すこととなった。2007年10月には松本キャンパス（医学部および付属病院は2009年認証取得予定）でEMS認証を取得し、7つある全てのキャンパスで認証を取得することができた。現在これらのキャンパスでは、学生が環境管理や環境保全活動の大きな推進役になり、エコキャンパスを構築している。

また、学生も消費者および社会人の一員としての立場から、持続的な社会形成に向けて環境に配慮した消費・購買行動の判断ができるようになるとともに、その行動に実践的なライフサイクル的思考が身に付くことを目的として、2002年度から全学部・学科対象の1年次教養科目で、2000年度から工学部3・4年次対象の全学科共通科目で、ライフサイクルアセスメント（LCA：Life Cycle Assessment）の授業を導入した。

ここでは、LCAの教育を導入した当初において、LCA講義と演習前後における学生の環境問題に対する意識変化について、自由記述式アンケート（複数記述可）の結果¹⁾に基づき報告する。

2.目的と方法

大学入試センター試験にLCAが出題²⁾されてからは、毎年、授業開講の初日には受講生にLCAについて、内容までといわなくても名称だけでも知っているかどうか聞いている。挙手することに遠慮をしているところもあるが、毎回手を挙げる学生は数人程度しかおらず、本授業によって初めてLCAを知った学生が多かった。

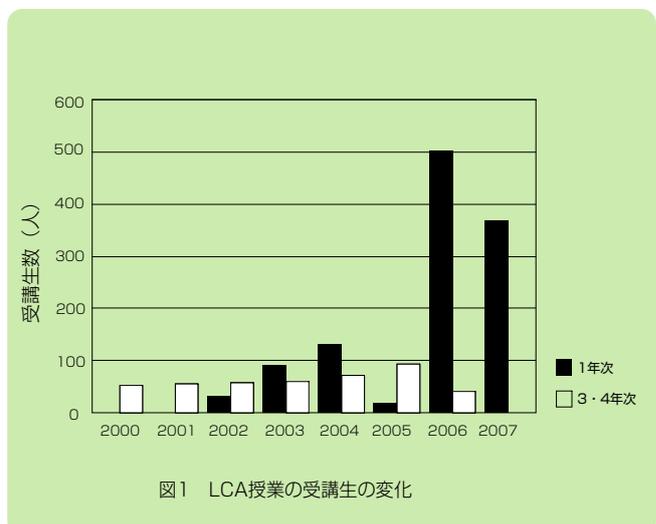
授業では現在の地球環境問題を概観しながら、既に消費・

流通されている身近な製品のヘアードライヤーやノート型パソコンを具体例として、電卓やパソコンを用いてLCA演習を行い、その計算方法や結果の解釈の修得を目指した。演習は1年次ではISO14040で規定している、目的と調査範囲の設定、ライフサイクルインベントリ分析（LCI：Life Cycle Inventory）、ライフサイクル影響評価（LCIA：Life Cycle Impact Assessment）および結果の解釈の必須要素を行った。3・4年次では必須要素に加えて任意要素で被害評価の「人間への健康影響」について実施した。これにより企業や組織から公開されている環境報告書やLCA手法を用いたタイプⅡ環境ラベル（エコリーフ）など身近な生活製品の定量的な環境情報が理解できるようになるとともに、環境問題に対する漠然とした意識や受動的行動から自らの積極的な環境保全活動への参加や意思決定ができるようになることを目的とした。

3.結果および考察

LCA授業を開始してから現在までの受講生数を図1に示す。信州大学では、全キャンパスのEMSの認証取得や教育GPの採択により、環境に係わる大学の方針や取り組みが、広く大学ホームページや各学部内に情報公開されてきている。また、2006年度から1年次では全ての学部・学科生も環境に関する授業2単位の履修が必須となった。このような背景から、1年次ではLCA授業導入当初より受講生が増加してきている。

授業で収集したアンケートを①「LCAの導入効果」、②「LCAについて」、③「ライフスタイルの検討と変更」、④「消費者意識」、⑤「環境問題への取り組み」、⑥「リサイクル」、



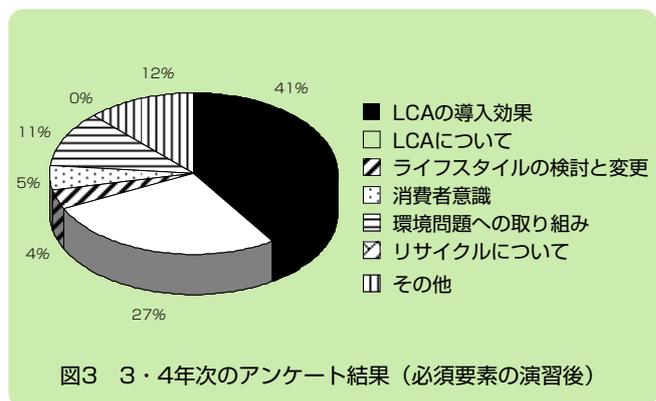
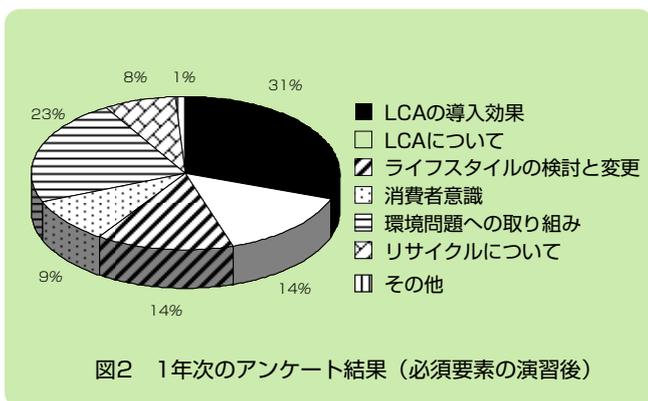
⑦「その他」、の6項目に大きく分類した。分類分けに際して、それぞれの項目の内容は次のように位置付けた。①「LCAの導入効果」は、LCAによってどのような点が身につく、どのようなことがわかったか、②「LCAについて」は、LCA手法や計算などの問題点や意見、③「ライフスタイルの検討と変更」は、これまでのライフスタイル（個人）の見直しや検討をする機会となったか、④「消費者意識」は、消費者として環境問題に対して意識の変化があったかどうか、⑤「環境問題への取り組み」は、身近な生活製品のLCA結果を参考に、身近な環境問題からグローバルな地球環境問題にどのように取り組もうとなったか、⑥「リサイクル」は、日頃のリサイクルについてどのように考えるようになったか、⑦「その他」は、これ以外で、例えば授業方法の意見やパソコンの技能修得などについて分類した。

1年次（2004年度後期）のLCA必須要素を演習した後のアンケートの結果を図2に示す。ここでは、総数160件の回答を6項目に分類した。それぞれ分類別回答は、①「LCAの導入効果」は49件（31%）あり、「漠然としていた環境問題のイメージが具体的な数値によって少し身近に感じられた」「環境問題に対する新たな視点を身につけることができた」「環境負荷、省エネルギー製品とは何なのかを少し理解できた」などがあった。②「LCAについて」は23件（14%）あり、「LCAがどのように計算されて、その意味を理解することができた」「このような情報は知るべきであり、与えられるべきである」「計算は難しい」「計算はかなり面白い」などがあった。③「ライフスタイルの検討と変更」は23件（14%）あり、「少しでも無駄な使用をなくしたい」「家では節約を心がけたい」「次回から電化製品を買う時には参考にしてみたい」「自分の日常生活の中こそ見直さなければならない」などがあった。④「消費者意識」は15件（9%）あり、「消費者の意識改革をもっと本格的に始めるべきだ」「省エネルギーの製品が開発されても、使用する消費者の意識が大切」「消費者がドライバーの使用法に気をつけないと」などがあった。⑤「環境問題への取り組み」は36件（23%）あり、「これまで製品を買

う時には環境を意識してこなかった」「後進国の環境に配慮した発展に力を貸すべきだ」「環境問題は国家や町レベルではなく、個人個人の心がけが解決への近道だ」などがあった。⑥「リサイクル」は12件（8%）あり、「実際の数値をみてリサイクルに興味を沸くようになった」「リサイクルの有用性に改めて気が付いた」「リサイクルに協力していきたい」などがあった。⑦「その他」は2件（1%）あり、「この2週間パソコンをよく使用した、情報化の社会だと実感した」「主題別講義としてはかなり難解な課題であった」があった。

1年次では、LCAへの取り組みは初めてであったが、既に高校等の授業や新聞、テレビおよび広告媒体などを通じて一般的に環境問題の情報や知識を得ているため、LCAそのものの結果から感じたこと以外に自分のライフスタイルの変更に關すること、消費者として改善していくことおよび社会の環境問題に至るまで多岐にわたる感想が寄せられた。これまで漠然としていた環境問題に対して、LCAの計算結果から得た新たな知識の修得や環境保全活動に向けての動機付けに効果があったと考えられる。

次に、3・4年次（2004年度前期）のLCA必須要素を演習した後のアンケートの結果を図3に示す。ここでは、総数81件の回答を図2と同様の6項目に分類した。それぞれの回答は、①「LCAの導入効果」は33件（41%）あり、「環境負荷を定量的に判断することができる」「計算をしてみるとはっきりわかった」「LCAで違った新しい考え方が身に付いた」「見かたが変わった」などがあった。②「LCAについて」は22件（27%）あり、「ある程度分かり易い表示にすれば、見た人の環境問題に対する意識があがる」「理系・文系問わずに出来なければと感じた」「計算が多く大変」などがあった。③「ライフスタイルの検討と変更」は3件（4%）あり、「普段の生活で環境負荷低減に取り組む必要性を感じた」「使用に注意する」「私たちの生活で無駄な使用を避ける」があった。④「消費者意識」は4件（5%）あり、「消費者が購入の際に考えて購入することが必要」「消費者が積極的にLCAを利用する」「消費者も使用に気をつける」などがあった。⑤「環境問題への

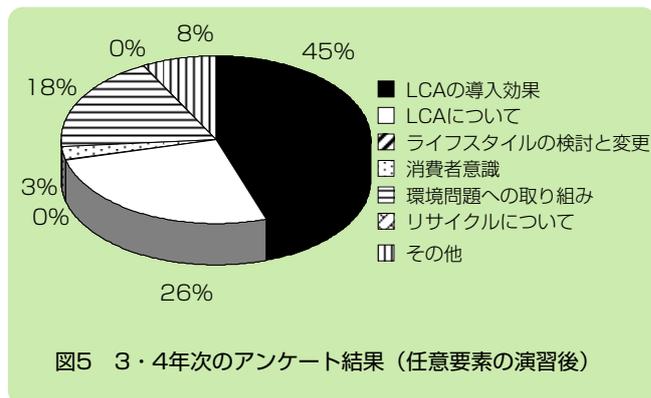


事例

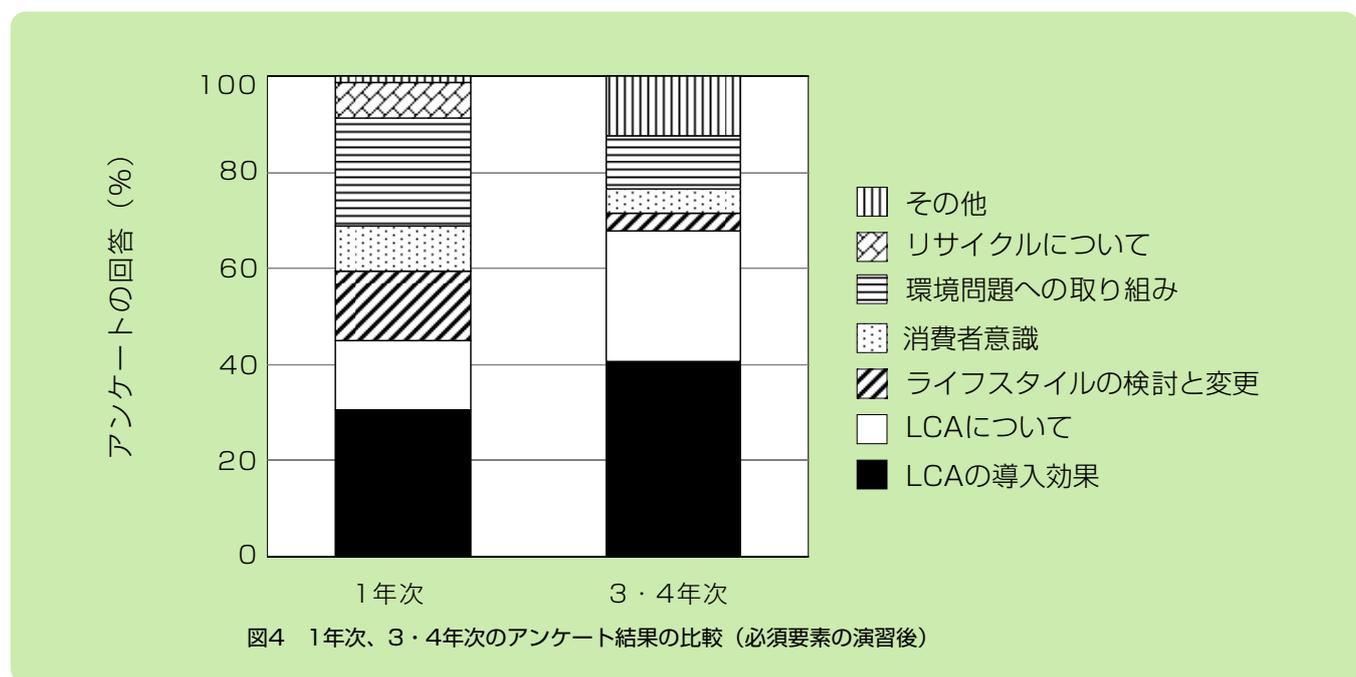
取り組み」は9件（11%）あり、「我々が考える環境問題は常に曖昧で、理解していても実感するのが難しい」「CO₂がまだ多く排出されていることを再認識した」「省エネという抽象的な表現ではなく詳しい情報を載せるべきだ」などがあつた。⑥「リサイクル」は0件（0%）、⑦「その他」は10件（12%）あり、「パソコンを使用したのが楽だった」「一つの製品を作るにも色々な仕事がある」「1年次の時に受講していたので理解し易かった」などがあつた。

次に、1年次、3・4年次の必須要素を演習した後のアンケート結果である図2と図3を図4にまとめた。3・4年次では、LCAの評価方法やその結果から得られる考察に関係した感想が多くなり、「LCAの導入効果」と「LCAについて」の感想で全体の約68%を占め、1年次のアンケートとは大きく異なった割合になった。3・4年次になると、それぞれの学科で環境に関する専門授業を受け、さらに、学部内ではEMS学生委員会などによるエコキャンパスづくりの活動が進んでいるため、一般的な環境問題やその課題解決に向けての情報は1年次よりは豊富になっている。そのため、新たに環境影響を評価するLCAそのものの評価方法やその計算方法に関心が寄せられ、多くの回答があつたものと思われる。

最後に、3・4年次では、LCA必須要素に加えて任意要素である被害評価の「人間への健康影響」について演習を行った。そのアンケートの結果を図5に示す。総数38件の回答があり、①「LCAの導入効果」は17件（31%）、②「LCAについて」は10件（26%）、③「ライフスタイルの検討と変更」は0件（0%）、④「消費者意識」は1件（3%）、⑤「環境問題への取り組み」は7件（18%）、⑥「リサイクル」0件（0%）、



⑦「その他」は3件（8%）となつた。図3と同様に、「LCA授業の導入効果」と「LCAについて」の項目が大きくなり全体の約71%を占め、より詳細な演習に入ると、その手法の理解や解釈に関心の多くが移っていることがわかつた。しかし、回答数が図3の場合と比較して約47%と少なくなっているため、一方では専門性が高くなる任意要素の評価範囲まで修得することに対して、その有用性を感じる学生とそうでない学生が顕著になり、総アンケート数に影響しているのではないかと推測される。今後はいかに任意要素の修得に汎用性をもたせるか、授業範囲とともに授業方法の検討も必要になってくるものと思われる。



4.まとめ

これまでのEMS認証取得による実践教育に合わせて、新たにLCAの授業科目を導入することにより、学生の環境問題に対する意識に数多くの変化が見られた。

多くの学生はこれまでも漠然としながらも環境問題について関心を持ち、情報収集を行っていたようであったが、LCAで身近な製品の定量的な環境影響評価手法を修得し、その製品の環境負荷量、環境影響量および被害量を算出してみると、評価手法への関心と合わせて改めて個人のライフスタイルの見直しや環境に配慮した行動を意識したようであった。例えば演習を通じて、多くの学生はヘアードライヤーの使用時間の短縮や省電力型パソコンの選定など、これまで何気なく使用していた家電製品の使用方法の改善やエネルギーの節約などへの取り組みの感想を述べた。

LCA授業の導入は、学生に手法そのものの理解や修得を促すばかりでなく、身近な環境問題の解決からグローバルな地

球環境問題への解決に向けて、これまでのライフスタイルの見直しのための情報を提供するとともに、消費・社会生活における環境保全活動に新たな環境改善への実践意識の啓発をすることができたものとする。LCA授業は環境に関係する他の授業科目やEMSの実務教育と連携しながら、環境マインドを持った人材養成の新たな授業科目として普及されることが期待される。

参考文献

1)小林充, 藤井恒男:平成17年度工学・工業教育研究講演会講演論文集, 社団法人日本工学教育協会,(2005), pp.318-319

2)社団法人産業環境管理協会:LCA日本フォーラムニュース, Vol.21,(2001), pp.10

LCA教育の現場

名古屋産業大学 環境情報ビジネス学部

教授 成田 暢彦

1.はじめに

生産活動や研究の立場で企業に勤務した数十年間は、製品の品質向上やコスト削減が必須の課題であり、製品の品質を劣化させるので硫酸化物などを除去（排出）しなければならないと考えていた。ところが、企業人生の後半から環境に関連した業務に携わることになり、ハードとしての環境機器の海外への普及からソフトとしてのLCAの研究を、さらにISOに代表されるLCA手法やデータの意味を企業の方々と議論することになった。2年前には大学に転出し、今度は学生相手にLCAをととした環境問題の改善を教えている。このように、企業と学生の双方を相手にLCAを勉強してきた経験から、主に大学におけるLCA教育の現場の抱える課題や改善の現状をまとめてみたい。

2.企業でのLCA教育

企業の方々は、自らの工場という分析すべき対象を有しており、コスト面、環境面から何を改善するのかという目的が明らかである。また、自工場が調達している資材についても当然理解している。他産業でどのような方法で加工された部品であるかは知らなくとも、種々の産業が連鎖（リンク）しなければ、一つの最終製品を作り上げられないことを熟知している。一方、目的、動機などが明確でない場合には、LCAの必要性から疑問を持たれ、分析どころではなくなってしまう。このように、企業においてLCAを実践・普及するためには目的の明確化が最優先であり、一旦LCAに取り組むと決断すれば、分析は順調に推進できる。LCAのアドバイザーは、最初に踏み出す一歩を支え、報告書作成までも手を添えるだけで、十分であろう。

3.大学でのLCA教育

本学は環境、情報、ビジネス分野を有機的に融合させた総合的な人材育成を目指している。このように学部名の一部に「環境」と銘打っているものの、教養に相当する理系基礎科目に由来から生物学の選択科目はあったが、物理学、化学の選択枝はなかった。これが如実に示すように、本学は基本的には「文系」の小規模大学である。その中でLCAを学生に教育するための苦労や改善点をまとめる。

(1)LCAへの興味

LCAは着目した技術の妥当性を吟味しつつ、全体像のなかでその技術が製品やサービスの中でどのような位置づけを持っているかを明らかにすることが必要であろう。このとき、地球温暖化に及ぼす影響のみを考慮するだけで、その技術の特徴をアピールできるのか？などを議論することで、LCA手法の理解をとおして環境問題全般の知識も学ぶことが出来る教材になるメリットがある。

一方、大学におけるLCA教育は企業と異なり、学生自身が体験した分野が狭く、例えば「もの」がどのように作られているのかを知らないのでLCA教育に困難が伴うことが多い。先に述べたように、本学は工学系の学部を持たず、また学生自身の工場見学の体験も少なく、もの造りの発想に乏しい。そこで、もの造りの基礎からその重要性を学ばせながら、ライフサイクルシンキングの必要性を強調している。例えば、工場での実務経験に乏しい学生にとって身近な環境問題の一つは「ごみ処理」であるので、一般廃棄物のごみ処理、使用済みPETボトルのリサイクルなどに興味を持つ学生が多い。これは「目に見えるもの」であるとともに、自らを出発地点としてその行方を追跡できるという特性を反映しているであろう。特に名古屋市では、最終処分場の逼迫により「ごみ非常事態宣言」が出され、ごみ分別が全国的にも進んでいるので、その便益を明確にすることが必要である。

また、学生のアルバイト先も多様化しており、コンビニや外食産業などサービス業で実社会を体験する学生も増えている。この体験をもとにLCA的な発想を育むには、食に関連する産業連鎖を通して学ばせることも有効である。実際、外食産業でアルバイトしている学生は、自分の担当しているマグロがどのように捕獲されているか、捕獲方法によってラベルが取得できることに大いに興味を抱き、自らが情報収集するようになり、ライフサイクルシンキングを利用できるようになってきた。このように学生自身が体験しているサービスをとおしてLCAに興味を持たせることができる。

(2)基礎能力の習得

近年は高校で理系科目である「物理、化学」を履修しないことも可能であり、大学での環境専門科目である「環境アセスメント」「LCA」などの講義を受講している学生でも、多くが高校化学を履修していない。そのため、環境問題の理解に最小限必要な排出量の計算が困難な学生がいる。例えば、

ガソリン燃焼に伴う二酸化炭素の排出量や燃料中に含まれる硫黄の酸化など基本的な化学式を理解していないものが多いので、化学の基礎を専門科目の中で教えるという矛盾も抱えていた。そこで、教務関係の先生方と相談し、高校化学の基礎に加え環境化学を含んだ「化学」を創設することにした。今年の4月から全学年を対象に「化学」の講義をとおして、もの造りの基礎となる物質収支やエネルギー収支を理解させ、LCA教育の基礎を身につけさせたいと考えている。

(3) インターンシップの活用

頭の中の仮想的な工場でもの造りを学ぶために、環境報告書を活用している。環境報告書は、企業の物質・エネルギー収支をまとめ、造り出された製品が如何に社会に有益であるかを示すことが出来る。しかし、「百聞は一見にしかず」のことわざととおり、生産現場の見学や実践が理解を助けるのは当然であろう。サービスばかりでなく、もの作りを体験可能な「インターンシップ」はものがどのように創り出されているかを学ぶために大いに役立つ。企業の方々にとっては足手まといになることも懸念されるが、ご協力を賜りたい。

4.まとめ

環境学を専攻していない筆者は、学生時代や若手の技術者であった時には、環境に配慮することにあまり積極的ではなかった。しかし、大学においてLCA手法をとおして環境の教鞭を執って、2年が経過しようとしている。専門が分化していく中で、真の全体像を見据えるためにもLCAは重要な領域である。確かにLCAは単なる方法論であるので、LCA手法をとおして環境問題の改善を提言できるよう、学生と議論している。その中で、環境を専攻する「文系」大学特有の課題を多く抱えており、試行錯誤の中であるが、課題を解決するための方策の一部を紹介した。

次を担う若い世代がライフサイクルシンキングを超えたLCA教育をとおして、将来の企業の環境経営の発展につながるよう、教育を担っていきたい。

欧州SETAC出張報告

武蔵工業大学 環境情報学部

准教授 伊坪 徳宏

1.日時および場所

2007年5月20日～25日

ポルト(ポルトガル)

2.目的

- ・研究成果(LIME2の開発)の発表
- ・欧州におけるLCA研究の動向把握
- ・他の研究機関との情報交流

3.全体の構成

欧州SETAC(Society of Environmental Toxicology And Chemistry)はこれまでLCA研究を牽引してきた学会として知られている。17回目となる今回は2000名を超える参加者を得て開催された。セッション構成は以下の通りである。

今年は以下の新しい試みが行われた。

- ・気候変動に関するセッションがはじめて企画された。
- ・ポスターコーナーを新規に設けた。ポスター会場の一區画において発表者が集合し、ポスターの内容について説明するとともに、聴衆者とともにフリーディスカッションを行う。それぞれコーナーで30人程度が集まる盛況振りであった。
- ・優れたポスター発表は口頭セッションの最後において三分程度のショートプレゼンが行われた。
- ・REACHに関する特別セッションが組まれた。REACHに対応するためのリスク評価手法についての研究が注目されている。

大分類	口頭セッション数	ポスターコーナー数
気候変動	1	0
環境科学	8	8
環境リスク評価	13	10
生態毒性	8	4
LCA	4	1
毒性、生態メカニズム	10 (ナノ粒子LCAを含む)	5
汚染と人間健康への影響	3	3
発見から規制へ：環境問題の政策 および社会経済側面	5 (産業や公共政策の LCMを含む)	2
熱帯生態系の毒性	1	2
特別セッション	2	0

4.LCAに関する発表

LCAに含まれるセッション数は他と比べて多くはないが、いずれも会場はほぼ満席であり、従来と同様その関心の高さ

を伺うことができた。以下にLCAに関係するセッションの構成を示す。

セッション名	発表件数	
	口頭	ポスター
ライフサイクルインベントリモデル化	5	16
ライフサイクル影響評価	6	17
LCAと新規影響領域: 室内空気、水資源、生物多様性、事故	5	6
技術評価、エコデザイン、エコイノベーション	5	19
ナノマテリアル: 運命、暴露、LCA、リスク評価	5	24
産業や公共政策におけるライフサイクルマネジメント	6	12
LCAとエネルギー	—	8
バイオマスエネルギーのLCA	—	8
合計	32	108

上記事項を含めて、今年のLCAセッションにおいては以下のテーマについて高い関心が寄せられた。

- (1) ナノマテリアルのLCA、有害性評価
- (2) バイオフィューエルの事例研究
- (3) 水資源のLCA
- (4) 室内空気質汚染の評価手法開発
- (5) サステナビリティの評価

以下に、上に挙げたテーマに関する主な内容を示す。

(1) ナノマテリアルのLCA、有害性評価

- ・発表件数が急増。(2005年：0、2006年：15、2007年：40)
- ・LCAに限定したものではなく、リスクアセスメント、毒理学と同一のセッションで発表された。多くの臨床試験のデータが発表されており、これらの成果が効果的にLCA手法に活用されることが期待される。
- ・LCAの発表の多くは、ナノ材料を適切に評価するために今後検討すべき課題について提起したものだ。ナノ粒子の基本的な理解(粒子の凝集、生態毒性データなど)、データフォーマットのあり方、インベントリデータ(特に出力の算定)、影響評価手法の開発(少なくとも1 μ m以下の被害係数を構築する必要性)が挙げられた。Hischier(EMPA)は、CNT、C60、カーボンブラックなど10種のナノマテリアルのイン

ベントリを優先して作成することを提案するとともに、物質名、粒径のクラス、重量の三項目をインベントリデータの記述事項にするよう提案した。ナノマテリアルのLCIはecoinventに搭載予定。

- ・ナノ材料のLCA事例研究は少ない。LCAとは異なるが、Demou(ETH)が作業場を対象としてナノマテリアルの排出、暴露評価を行ったのが印象的であった。ナノ粒子の影響を室内空気質汚染や労働環境の評価において考慮することが今後検討されるものと考えられる。
- ・有害性試験、特にC60、カーボンナノチューブ、酸化チタンを対象として細菌、ミジンコや魚類を対象とした毒性評価試験の結果が多く発表された。EC50の算定も行われており、LCIA手法への接続の可能性を見出すことができる。

(2) バイオフィューエルの事例研究

- ・ポスターコーナーにおいて特集が組まれた。8件のポスターがエントリーした。聴講者が多く、マイクの状態が悪かったことから、議論の内容はほとんど把握できず。主な発表内容は以下の通り。
- ・作物の種類によって、環境影響は異なる(Kagi, ART)
- ・配分方法(経済、重量)やその回避方法によって結論が変わる(Huppel, CML)。配分を行った場合はバイオフィューエルの方が環境負荷は大きい(カーボンニュートラルを考慮しても、生産、供給までの負荷が大きい)。配分を回避した場合(食料

として用いるともろこしを生産する際の環境負荷を差し引いた場合は、バイオ燃料のほうが小さい。(内容の詳細についてまだ理解不足なので、計算方法と結果の関係について確認する必要あり)。

- ・土地利用や水に関する評価、食料資源との競合に基づいた持続可能性に関する議論の必要性について指摘された(Batteman ミシガン大)。
- ・現時点でどちらがCO₂や環境影響が小さいのか、結論を出すことができない。今後も議論が続く模様。

(3) 水資源のLCA

- ・水資源についてはいずれも重要性は認識される一方で、インベントリ、影響評価について具体的な提案が無かった。今回はじめて具体的な形でLCIやLCIA手法が提案されたことで、今後多くの研究発表がなされるものと期待される。
- ・Rebitzer(Alcan)はアルミを対象として水のLCIを紹介。1トンのアルミ生産までに28トン消費する。そのうち、3/4が表層水、1/4が海水、浄水と地下水は1%程度であった。発電用の蒸気に利用されるものが全体の半分以上を占めた。
- ・Pfister(ETH)は水の消費に関するLCIA手法の開発を行った。健康被害、資源への影響について定量化した。資源への影響は、水の消費(m³_{used})とそれに伴い失われる水(m³_{depleted})の割合(m³_{depleted}/m³_{used})を求めた上で、これに単位量の水が失われた場合に必要の超過エネルギー(20MJ/m³_{depleted})を適用することで評価する。健康被害は農業を行う条件が十分整っていない国を対象として、農業用の水資源不足→農作物収量変化→栄養失調→損失余命の関係付けにより被害評価を行う。
- ・水の評価は、貧困とも関係するので、地球レベルのサステナビリティを議論する上で不可欠。一方で水道の整備状況や経済条件などによって影響の程度は大きく異なるので、これらを適切に反映できる手法の開発が求められる。

(4) 室内空気質汚染の評価手法開発

- ・発表件数が増加。SETAC作業部会の進捗も紹介され、いよいよ研究が本格化。主な発表は以下の通り。
- ・Meijer(デルフト工科大)は換気条件等の異なる四種の住宅を対象として、室内空気質汚染の評価を行った。発がん性、非発がん性、放射能(ラドン)、石綿について評価。
- ・Hellweg(ETH)はSETAC室内空気質汚染評価作業部会について紹介。LCI、LCIAにおいてルーチ的に当該影響を評価できる枠組の構築を目指す。運命分析の概要と開発の現状について説明。今後は影響分析について検討していく。

- ・Jensen(Force technology)は、コンピュータ、プリンタ、オープン、蛍光灯といった製品を使用する際に室内に排出される化学物質の分析を行った。ホルムアルデヒド、キシレン、ハウスダスト等を対象として評価し、物質によっては許容量を超過していることを示した。特にDEHPを含む製品を子供部屋で利用するのを避けるべきであることを述べた。主な内容(Jensen AA Total health assessment of chemicals in indoor climate from various consumer products. Danish environmental Protection Agency, Survey of chemical substances in consumer products No.75, 2006)はwww.mst.dkでダウンロード可能。
- ・LIME2には室内空気質汚染が含まれる。運命分析や被害係数の比較が今後求められる。

(5) サステナビリティの評価

- ・製品を対象としてきたLCAが、持続性というキーワードのもと、社会をデザインするのに利用されようとしている。今年そのために解決すべき課題について認識されるとともに、SETACで新規に作業部会が設置された。(出席者から情報を入手する必要がある。)今後最も積極的に研究開発が行われるものと期待される領域の一つである。
- ・EC(Galatola)がサステナビリティ評価において検討すべき課題を示した。サステナビリティの評価手法を開発する上での論点として、市場原理、動的評価、リバウンド効果、外部性評価、事故を取り上げ、特に動的モデルとシナリオ分析の実施可能性を追求することが重要であるとした。
- ・社会評価手法は少数ではあるが提案が出てきた(Barthel et al(2005)→16種の指標、Spillemaeckers (2004)→60種、Hunkeler(2006)、本田→1種)。各提案の比較と特徴の整理に向けた動きも出てくるだろう。
- ・Le Bocq(EDF)はフランス電力会社の社会性評価を実施。結果は来年発表とのこと

(6) そのほか

- ・米国、カナダからの参加者が増加した。UNEP/SETAC LCInitiativeの2nd phaseへの移行に伴う企画運営に積極的に関与していること、欧州(特にEPFL)の研究者が米国やカナダに移動したことが主な理由として考えられる。LCA研究開発が欧州や日本に遅れを取っていた米国においてLCIA手法の理解と開発研究の促進につながるものと考えられる。SETACでは、カナダにおける運命分析手法の開発、GISを利用したリスク評価に関する発表があった。

5.日本からの発表

日本からは、以下の四件の発表があった。

発表者	所属	タイトル	セッション名	発表分類
伊坪徳宏	武蔵工大 /産総研	LIME2 -Development of the Updated Japanese Damage Oriented LCIA Methodology-	Life cycle impact assessment	□ 頭
本田智則	産総研	A Social Impact Assessment Framework Using AHP for Weighting of Safeguard Subjects	LCM in industry and public society	ポスター
菊池康紀	東大	Comprehensive approach to interpret local risks and global impacts for risk-based decision making	LCA and emerging issues	ポスター
原美奈子	NTT	Assessment of Lifecycle Impact of Business Activity of Telecom Company	LCM in industry and public society	ポスター

- ・伊坪がLIME2の特徴と主な成果について、本田が社会影響評価における統合化手法の開発について、菊池がLCAとリスク評価の統合について、原が通信企業のマテリアルフローについて発表した。発表件数は多くは無かったが、それらの内容についてはいずれも好評であった。
- ・LIME2の発表(伊坪)では、LIME2 開発の経緯について整理した後、LIME2の目標と主な成果について解説した。発表後は、EC、カナダ、米国、デンマーク、ブラジルの研究者よりLIMEの英語解説本の早期発行を求められるなど、高い関心が寄せられた。英語版LIMEについては8月末を目処に編集作業を終了する予定である。
- ・社会影響評価手法開発の発表(本田)では、AHPを利用して社会側面の各要素の重み付けを実施した結果について紹介された。Web調査を採用することで、より効果的にサンプル抽出を行うことができた。インベントリデータとの接続方法、社会的合意に近い指標の開発が今後の課題となろう。
- ・LCAとリスク評価の統合(菊池)では、化学プラントを対象として、地球規模、地域規模の評価にLCAを用い、工場内の労働環境の評価にリスク評価を用いた。それぞれのツールの長所を効果的に活用する点、労働条件を評価に含めることができる点が評価できる。

6.そのほかの特記事項

- (1) ECがEuropean Platform on Life Cycle Assessmentを設置
 専門家間の議論に基づき以下の情報を提供するための検討を行う。
 - ・LCA実施ガイドブックの提供
 - ・LCIAの推奨手法の開発

- ・ヨーロッパで参照できるインベントリデータベース(ELCD)の開発：100以上の材料とエネルギーに関するデータを想定。UNEP/SETAC LCInitiativeでの実施内容と重複しており、ダブルスタンダードになる可能性がある。関係者間の調整が必要である。

- (2) UNEP/SETAC Life Cycle Initiativeが1st phase を終了させ、2nd phaseに移行
 UNEP/SETAC LC InitiativeのLCI、LCIA作業部会を開催した。Phase1における主な成果について紹介された後、Phase2において実施する内容について説明があった。Phase1 の成果では、有害性評価のグループが運命暴露分析の推奨モデル(USEtox)を提案したことが印象に残った。同モデルはCaltoc, Impact2002, EDIPといった主な運命暴露分析モデルとの整合性があることを確認済みである。Phase2では提案公募型での研究開発や国際的議論が行われる。

7.今後のLCIA影響評価手法の開発の課題

- 今回の会議を通じて、以下の事項についてLCIA研究を行っていく必要があるものと考えられた。
- ・水資源の評価手法の開発→水の希少性、経済への影響、健康への影響、国際化、サステナビリティとの関係
 - ・化学物質の運命暴露分析の最新化→USEtoxの試用
 - ・室内空気質汚染評価の更新→ラドン、評価対象物質の拡張、運命分析の見直し
 - ・森林資源、土地利用評価の精緻化→植物由来の材料に対する適正な評価
- 上記と合わせて、地球温暖化の詳細評価の実施をあわせて検討していくことが求められる。

LCAインフォメーション

行事名称	開催日 (発表申込締切)	開催場所	主催者/ホームページ
LIME2 ワークショップ：不確実性分析－意思決定支援の環境影響評価システムのあり方－	2008年2月19日	東京秋葉原コンベンションホール	(独) 産業技術総合研究所 http://unit.aist.go.jp/lca-center/ci/index.html
「持続可能な社会と金融業」－SRIにおける企業の選択－	2008年3月3日	虎ノ門パストラル	(独) 産業技術総合研究所 http://unit.aist.go.jp/lca-center/ci/index.html
Workshop on LCA for APEC Member Economies	2008年3月6日～7日	発明会館 東京	(独) 産業技術総合研究所 http://unit.aist.go.jp/lca-center/ci/index.html
15th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering	2008年3月17日～19日	the university of New South Wales, Sydney Australia	the University of New South Wales http://www.lce2008.com/
第22回環境工学連合講演会	2008年4月14日～15日	日本学術会議 東京	日本学術会議土木工学・建築学委員会 http://www.jsme.or.jp/env/
International Symposium on Electronics & the Environment	2008年5月19日～21日	San Francisco, USA	IEEE http://www.regconnect.com/content/isee/
SETAC Europe 18th Annual Meeting World under stress: scientific and applied issues.	2008年5月25日～29日	Warsaw, Poland	SETAC http://www.setac.org/htdocs/what_meet_setac.html
第27回エネルギー・資源学会研究発表会	2008年6月5日～6日	大阪国際交流センター	エネルギー・資源学会 http://www.jser.gr.jp/
ISIE Conference 2008	2008年6月30日～7月2日	Cambridge, UK	ISIE http://www.fastconf.com/isie2008/
第18回環境工学総合シンポジウム2008	2008年7月10日～11日	(独) 産業技術総合研究所 臨海副都心センター (東京)	日本機械学会 http://www.env-jsme.com/
第17回日本エネルギー学会大会	2008年8月4日～5日	工学院大学 新宿キャンパス	日本エネルギー学会 http://www.jie.or.jp/
International Design Engineering Technical Conferences and Computers & Information in Engineering Conference (IDETC/CIE)	2008年8月3日～6日	New York City, USA	ASME http://asmeconferences.org/idetc08/
8th Asia Pacific Roundtable for Sustainable Consumption and Production	2008年9月18日～20日	Cebu, Philippines	APRSCP http://www.aprscp.org/roundtables/8th.htm
International Life Cycle Assessment & Management 2008	2008年9月30日～10月2日	Seattle, Washington	American Center for Life Cycle Assessment http://www.lcacenter.org/
Sustainable Innovation 08	2008年10月27日～28日	Malmö, Sweden	Centre for Sustainable Design http://www.cfsd.org.uk/
SETAC North America 29th Annual Meeting	2008年11月16日～20日	Tampa, Florida, USA	SETAC http://milwaukee.setac.org/home.asp
第19回廃棄物学会研究発表会	2008年11月19日～21日	京都大学百周年記念時計台記念館	廃棄物学会 http://www.jswme.gr.jp/

セミナーの御案内

LCAインフォメーション

- タイトル：「持続可能性とLCA」講演会
- プログラム：未定
- 日時：2008年3月10日 (月) 10:00～17:00
- 場所：東京大学本郷キャンパス 山上会館 2階 大会議室
http://www.u-tokyo.ac.jp/campusmap/cam01_00_02_j.html
- 主催：日本LCA学会、LCA日本フォーラム、(社)産業環境管理協会
- 参加費： 無料 (予定)
- 定員：100名 (申込方法・開始時期は改めて御案内します)

投稿募集のご案内

LCA日本フォーラムニュースレターでは、会員の方々のLCAに関連する活動報告を募集しています。活動のアピール、学会・国際会議等の参加報告、日頃LCAに思うことなどを事務局 (jlca@jemai.or.jp) までご投稿ください。

<発行 LCA日本フォーラム>

〒101-0044

東京都千代田区鍛冶町2-2-1

三井住友銀行神田駅前ビル

社団法人 産業環境管理協会内

Tel.: 03-5209-7708 Fax: 03-5209-7716

E-mail: lca-project@jemai.or.jp

URL <http://www.jemai.or.jp/lcaforum>

(バックナンバーが上記URLからダウンロードできます)